

TECHNOLOGIES OF COMPUTER  
CONTROL  
DATORVADĪBAS TEHNOLOĢIJAS

**ONLINE MONITORING OF BLOOD PRESSURE USING MOBILE WIRELESS  
TECHNOLOGIES**

**MOBILO BEZVADU TEHNOLOĢIJU IZMANTOŠANA ASINSSPIEDIENA  
MONITORĒŠANAI INTERNETĀ**

**Gunars Balodis**, mg. dat., Ph. D. student  
Riga Technical University  
Faculty of Computer Science and Information Technology  
Address: Meza str. 1/3, LV-1048, Riga, Latvia,  
E-mail: gunars.balodis@gmail.com

**Zigurds Markovics**, dr., hab. sc. ing., professor  
Riga Technical University  
Faculty of Computer Science and Information Technology  
Address: Meza str. 1/3, LV-1048, Riga, Latvia  
E-mail: markovic@egle.cs.rtu.lv

**Juris Lauznis**, director  
Integrus Ltd  
Address: Aizkraukles 21, LV-1006, Riga, Latvia  
E-mail: lauznis@integrus.lv

*Atslēgas vārdi: Asinsspiediens, viedtelefons, 3G, Bluetooth, bezvadu, telemedicīna, internets*

## **Ievads**

Cilvēka sirds pumpējot asinis rada noteiktu spiedienu uz artēriju sienām un nodrošina asins plūsmu organismā. Asinsspiediens ir atkarīgs no sirds kontrakcijās izgrūsto asiņu daudzuma, asinsvadu tonusa un to sašaurināšanās vai paplašināšanās. Augstākais asinsspiediens ir brīdī, kad notiek sirds saraušanās, un to sauc par sistolisko asinsspiedienu. Savukārt, zemākais asinsspiediens ir sirds atslābšanas brīdī un to sauc par diastolisko asinsspiedienu. Asinsspiedienu ietekmē dažādi blakus faktori, piemēram, fiziskā slodze, stress, alkohola lietošana, smēķēšana, dažādi medikamenti u.c. Paaugstināts asinsspiediens palielina risku saslimt ar dažādām sirds un asinsvadu slimībām, tāpēc asinsspiediena mērīšana ir viena no ierastākajām procedūrām katrā ārsta apmeklējumā, it īpaši gados vecākiem pacientiem.

Pastāv vairākas asinsspiediena mērīšanas metodes. Viena no biežāk lietotajām ir neinvazīvā oscilometriskā asinsspiediena mērīšana, kas tiek veikta apliekot manšeti (aprocī) ap augšdelmu. Ar elektrisko kompresoru manšetē tiek palielināts spiediens, lai saspiestu artēriju. Pēc tam spiediens tiek pakāpeniski samazināts un vienlaicīgi spiediena sensors mēra spiediena izmaiņas. Kad manšetes spiediens pārsniedz arteriālo sistolisko, asins cirkulācija nenotiek un sensors neregistrē spiediena svārstības. Spiedienam samazinoties sensors sāk reģistrēt spiediena svārstības un tiek noteikts arteriālais sistoliskais spiediens. Manšetes spiedienam samazinoties vēl vairāk, brīdī, kad sensors vairs neregistrē spiediena svārstības tiek noteikts arteriālais diastoliskais spiediens.

Lai lietotu šo mērīšanas metodi, lietotājam nav nepieciešamas speciālas zināšanas, kā arī mērīšanas process nav pārāk nepatīkams.

## **Pastāvošo asinsspiediena mērīšanas sistēmu trūkumi**

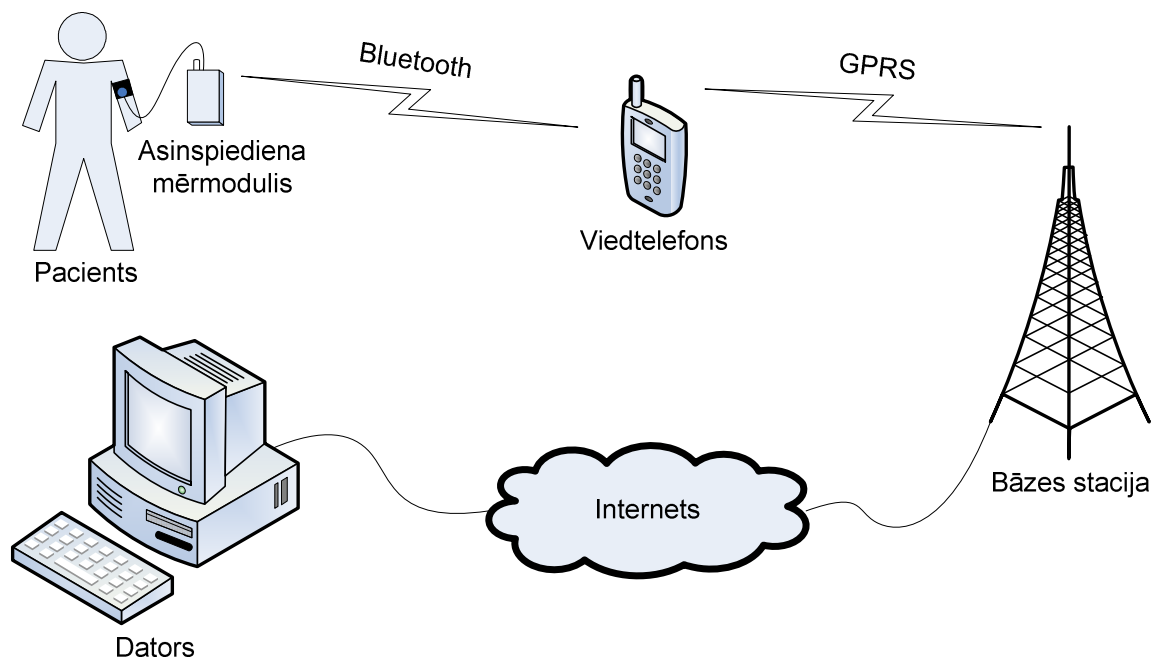
Asinsspiediena izmaiņa diennakts laikā sniedz nozīmīgu informāciju ārstam par pacienta veselības stāvokli. Kaut gan pati mērīšanas procedūra ir vienkārša un veicama mājas apstākļos paša pacienta spēkiem, tomēr, regulāra asinsspiediena mērīšana un rezultātu nodošana ārstam ir apgrūtināta un tāpēc tā visbiežāk tiek pielietota tikai slimnīcās.

Asinsspiediena mērīšanai ārsta kabinetā ir vairāki trūkumi. Piemēram, baltā halāta sindroms [1]. Kā zināms, viens no asinsspiedienu ietekmējošajiem faktoriem ir uztraukums. Tāpēc pacientam ierodoties pie ārsta asinsspiediens var būt īslaicīgi paaugstināts tikai dēļ uztraukuma. Tas ir viens no iemesliem kāpēc vislabākie apstākļi asinsspiediena mērīšanai ir pacientam ierastā vidē – mājās.

Kā zināms asinsspiediens dienas gaitā ir mainīgs. Vienīgais veids kā iegūt precīzu asinsspiediena izmaiņu grafiku ir regulāra tā mērīšana. Slimnīcās šo uzdevumu veic ambulatorie asinsspiediena mērītāji [2], kas ik pēc noteikta intervāla izmēra asinsspiedienu. Mājas apstākļos pacientam ir divas iespējas: regulāri sev izmērīt asinsspiedienu un pierakstīt rezultātu vai nēsāt automātisko mērītāju, kas mēra un saglabā asinsspiedienu atmiņā. Jebkurā gadījumā, informācija par veiktajiem mērījumiem ir jānogādā ārstam. Ja ārstam ir vairāki pacienti, tad šādas informācijas apkopošana var kļūt sarežģīta.

## **Jaunās sistēmas koncepcija**

Lai atrisinātu šīs problēmas būtu nepieciešams izveidot asinsspiediena mērīšanas sistēmu, kuru



1. att. Sistēmas koncepcija  
Fig. 1. System overview

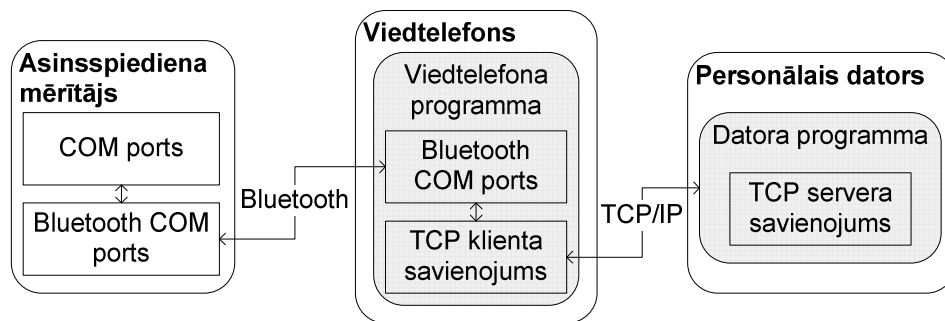
pacients varētu lietot mājas apstākļos (neierobežojot pacienta pārvietošanās brīvību), kas regulāri mērītu asinsspiediena izmaiņu diennaktis laikā un varētu šos datus ērtā veidā nosūtīt ārstam.

Tika izstrādā jaunizveidojamās sistēmas koncepcija (1. attēls) izvirzot tai vairākas prasības. Sistēmai ir jādarbojas ar zināmu periodiskumu, tā nebūtu saistīta ar stacionāru aparāturu un tai jāpārraida dati bezvadu ceļā pa internetu.

Tā kā mums jau bija pieredze līdzīgas sistēmas izstrādē, kas bija paredzēta kardiogrammu reģistrēšanai un sūtīšanai internetā izmantojot mobilo telefonu [3], tad arī jaunā sistēma tika veidota pēc līdzīga principa.

### Mobilā bezvadu asinsspiediena mērīšanas sistēma

Mūsu izstrādātajā sistēmā sastāv no pašu izveidota portatīvā asinsspiediena mērītāja, viedtelefona un internetam pieslēgta personālā datora. Portatīvais asinsspiediena mērītājs ir pievienots viedtelefonam izmantojot Bluetooth bezvadu savienojumu. Tas regulāri darbojoties mēra asinsspiedienu un mērījumu rezultātus nosūta viedtelefonam, kas, savukārt, ir pieslēgts internetam ar mobilo sakaru tehnoloģijām (2. attēls).



2. att. Datu plūsma sistēmā  
Fig. 2. Data flow in the system

Pa internetu asinsspiediena mērījumu rezultāti tiek noraidīti personālajam datoram, kas ir stacionāri pievienots internetam ar vadu.

### Asinsspiediena mērīšanas modulis

Mobilā bezvadu asinsspiediena mērītāja (3. attēls) pamatā ir MedLab NIBScan asinsspiediena mērīšanas modulis [4]. Tas satur kompresoru, spiediena sensorus, ventiļus, relejus un mikroprocesoru. Mikroprocesors kontrolē kompresoru un ventiļus nodrošinot oscilometriskā asinsspiediena mērīšanas algoritma izpildi. Komunikācija un rezultātu pārraide starp NIBScan moduli un citām mērītāja komponentēm notiek izmantojot sērijas interfeisu. Mobilā bezvadu asinsspiediena mērītāja barošana ar sprieguma pārveidotāja palīdzību tiek nodrošināta no litija polimēru baterijas (3.7 V, 1.3 Ah). Datu pārraidei tiek izmantots Free2Move 1. klases Bluetooth modulis, kas nodrošina datu pārraidi līdz 100 m lielā attālumā. Konfigurācijai un iekārtas uzlādei tiek izmantots USB mini kabeļa savienojums. USB režīmu komutators nodrošina vairākus darbības režīmus. Ikdienas darbam tas tiek izmantots tikai lādēšanai, bet konfigurācijai ir pieejami FTDI RS232-USB pārveidotāja savienojumi gan ar asinsspiediena mērīšanas moduli, gan ar Bluetooth moduli. Visas iepriekš minētās komponentes ir ievietotas plastmasas korpusā, kas pēc izmēra ir tāds, lai to būtu ērti nēsāt krekla kabatā.



**3. att.** Mobilais bezvadu asinsspiediena mērītājs  
**Fig. 3.** Mobile wireless blood pressure monitor

Moduļa priekšpusē ir ieslēgšanas slēdzis, Bluetooth antena, manšetes savienojuma caurule un USB spraudnis. Četras indikatordiodes parāda

ierīces ieslēgts/izslēgts stāvokli, Bluetooth savienojuma statusu, baterijas uzlādi un USB aktivitāti. Ar pilnībā uzlādētu bateriju iekārta var darboties vismaz 24 stundas ik pa 30 minūtēm veicot mērījumu.

Asinsspiediena mērītājs tiek kontrolēts ar komandu palīdzību, kas tiek nosūtīta teksta veidā. Komanda ir heksadecimālu simbolu virkne, kas satur komandas kodu un kontrolsummu. Atbildes no asinsspiediena mērītāja moduļa tiek sniegtas teksta veidā. Mērīšanas cikla laikā atbilde satur informāciju par pašreizējo spiedienu manšetē, bet mērīšanas cikla beigās tiek sniegta izvērstāka atbilde, kas satur informāciju par pacienta pulsu, sistolisko, diastolisko un vidējo asinsspiedienu.

Asinsspiediena mērīšanas moduli var nokonfigurēt automātiskam darbības režīmam, kad asinsspiediens tiek mērīts cikliski ik pēc noteikta intervāla. Intervāla garums var tiek mainīts robežās no 1 minūtes līdz pusstundai.

### Viedtelefona programmatūra

Uz viedtelefona tika izveidota programmatūra (4. attēls), kas darbojas Windows Mobile operētājsistēmā. Tā nodrošina asinsspiediena mērītāja vadību ar komandu palīdzību un iegūto datu pārraidi internetā.



**4. att.** Viedtelefona programma  
**Fig. 4.** Smartphone software

Programma uz viedtelefona veido divus savienojumus – Bluetooth savienojumu ar asinsspiediena mērītāju un interneta savienojumu

ar datoru. Gadījumos, kad nav pieejams interneta savienojums ar datoru, tā var darboties autonomā režīmā kā asinsspiediena mērītājs. Ir iespējams manuālais un automātiskais (cikliskais) asinsspiediena mērīšanas darbības režīms. Iegūtie asinsspiediena dati tiek uzreiz attēloti uz telefona ekrāna, kā arī tiek pārraidīti internetā.

### Personālā datora programmatūra

Uz personālā datora atrodas servera programma, kas apkopo, uzkrāj un attēlo saņemtos datus. Tā atver TCP portu un gaida, kad pie tā pieslēgsies viedtelefons. Kad savienojums ir veiksmīgi nodibināts, tā attēlo ienākošos asinsspiediena datus uz ekrāna. Lai pārbaudītu sistēmas darbību tika izveidota tikai ļoti vienkārša programmas versija (5. attēls), kas nodrošina tikai pamata funkcionalitāti – datu attēlošanu un saglabāšanu. Nākotnē varētu tikt izveidota sarežģītāka programmatūra, kas grafiski attēlotu asinsspiediena izmaiņas dienas laikā no vairākām iekārtām dažādiem pacientiem.

Laiks	Pulss	Sistoliskais	Diastoliskais
2009.09.10. 11:08	---	---	---
2009.09.10. 11:09	63	112	73
2009.09.10. 11:11	65	114	71
2009.09.10. 11:12	65	116	72
2009.09.10. 11:13	60	108	73
2009.09.10. 11:15	64	103	76
2009.09.10. 11:16	65	106	77
2009.09.10. 11:17	63	106	70
2009.09.10. 11:19	65	109	74
2009.09.10. 11:20	60	107	70
2009.09.10. 11:21	61	107	65

Savienots ar: 127.0.0.1:1200 Iziet

**5. att.** Personālā datora programma  
**Fig. 5.** Personal computer software

### Rezultāti un secinājumi

Projekta gaitā ir izstrādāta mobilās asinsspiediena mērīšanas sistēmas koncepcija, kā arī tās praktiskā realizācija. Praktiskā realizācija ietver sistēmas aparatūru (asinsspiediena mērītāju) un programmatūru (viedtelefona un datora servera). Praktiski sistēma ir pārbaudīta uz diviem telefoniem (HP iPAQ 6910 un HTC TyTN II),

kas atbalsta datu pārraidi internetā. Testēšanai tika izmantots LMT (Latvijas Mobilais Telefons) mobilo sakaru operatora pieslēgums. Sistēma darbojas stabili, jo nepieciešamā datu pārraides intensitāte ir relatīvi zema (viens mērījums aizņem apmēram 50 baitus). Šī sistēma cenšas atrisināt dažas no problēmām, kas rodas veicot regulārus asinsspiediena mērījumus pacientiem mājās. Sistēma var tikt lietota telemedicīnā gan kā 24 stundu asinsspiediena monitors, gan kā asinsspiediena mērīšanas rīks ko lieto ārsts mājas vizītēs. Ja sistēma tiktu atzīta par lietderīgu, tad nākotnē mobilo asinsspiediena mērītāju varētu uzlabot integrējot tajā mobilo telefonu, tādējādi izvairoties no viedtelefona kā starpnieka lietošanas.

### Literatūra

1. Ruxer J., Mozdzan M., Baranski M., Wozniak-Sosnowska U., Markuszewski L. "White coat hypertension" in type 2 diabetic patients // Arch. Med. Wewn. Polija, 2007., 452.-455. lpp.
2. Myers MG. Ambulatory blood pressure monitoring for routine clinical practice // Hypertension, ASV, 2005., 483.-484. lpp.
3. Balodis G., Lauznis J., Markovičs Z. Elektrokardiogrammas pārraide reālā laikā lietojot mobilo telefonu. Rīgas Tehniskās universitātes zinātniskie raksti, 5. sēr., Datorzinātne. Datorvadības tehnoloģijas. – 35. sēj. (2008), 50.-54. lpp.
4. NIBScan OEM Module Data Sheet // Medlab GmbH, 2008.

**Balodis G., Markovičs Z., Lauznis J. Mobilo bezvadu tehnoloģiju izmantošana asinsspiediena monitorēšanai internetā**

*Asinsspiediena mērīšanai slimnīcā ir vairāki trūkumi, piemēram, „baltā halāta sindroms”, pacients ir ārpus ierastās vides un viens mērījums neatspoguļo asins spiediena izmaiņas dienas gaitā. Mēs esam izstrādājuši asinsspiediena monitoringa sistēmu, kas nodrošina mērījumus mājas apstākļos un rezultātu pārraidi internetā. Sistēma sastāv no pašu izveidota mobilā bezvadu asinsspiediena mērītāja, Windows Mobile viedtālrunī un datora internetā. Mobilais bezvadu asinsspiediena mērītājs sastāv no digitālā NIBP (Non Invasive Blood Pressure) monitora moduļa, Bluetooth raidītāja un baterijas. Tas periodiski mēra pacienta asinsspiedienu un mērījumu rezultātus pārraida viedtālrunim pa Bluetooth bezvadu saiti. Viedtālrunī ir programmatūra datu attēlošanai un iekārtas vadībai. Turklāt tālrunis ir pieslēgts internetam ar mobilā telefona tehnoloģijām un pārsūta datus uz personālo datoru pa TCP/IP protokolu. Servera programmatūra uz personālā datora tiek lietota šo datu apkopošanai, saglabāšanai un attēlošanai. Šāda sistēma var tikt pielietota telemedicīnā kā pacienta individuālais asinsspiediena monitors vai arī kā mobilais asinsspiediena mērītājs ārsta vizītēs pie pacienta.*

**Balodis G., Markovitch Z., Lauznis J. Online Monitoring of Blood Pressure Using Mobile Wireless Technologies**

*Measuring blood pressure in a hospital has several drawbacks like "white-coat syndrome", patient is out of his usual environment and one measurement does not reflect changes in blood pressure during the course of the day. We have developed new type of system for monitoring patient's blood pressure online. System consists of digital NIBP (Non Invasive Blood Pressure) monitor device, Windows Mobile smartphone and personal computer connected to the internet. Wireless mobile blood pressure monitoring device has NIBP measurement module, Bluetooth transmitter and battery. It periodically measures patient's blood pressure and transmits measurement data to smartphone using Bluetooth wireless link. Smartphone has software for viewing data and controlling device. It is also connected to the internet using cell phone technologies and retransmits data to personal computer over TCP/IP protocol. Server software on personal computer is used for blood pressure data storage and review. This system can be used in telemedicine by patient as personal blood pressure monitor or by doctor on a visit to patient.*

**Балодис Г., Маркович З., Лаузнис Ю. Применение мобильных беспроводных технологий для мониторингирования кровяного давления через интернет**

*Измерение артериального давления в больницу имеет ряд недостатков, как "синдром белого пальто", пациент не находится в своей обычной среде и одного измерения не отражают изменения кровяного давления в течение дня. Мы разработали новый тип системы мониторинга артериального давления пациента в интернете. Система состоит из цифровой NIBP (Non Invasive Blood Pressure) устройство мониторинга, Windows Mobile смартфона и компьютера подключенного к интернету. Устройства беспроводного мобильного мониторинга артериального давления состоит из NIBP измерительного модуля, Bluetooth передатчика и аккумулятора. Он периодически мерит артериальное давление пациента и передает данные измерений смартфону помощью беспроводной связи Bluetooth. Смартфон имеет программное обеспечение для просмотра данных и управления устройством. Смартфон также связан с интернетом, используя технологии мобильного телефона и ретранслирует данные компьютеру по TCP/IP протоколу. Серверное программное обеспечения на персональный компьютер используется для хранения данных кровяное давление и анализа. Эта система может быть использована в области телемедицины пациентом как личный контроль артериального давления или врачом во время визита к пациенту.*